



ibb

Pro/E

CATIA

UG

Tipps und Tricks für Creo® Simulate (Pro/MECHANICA)

5. SAXSIM an der TU Chemnitz

am 23. April 2013

Dipl.-Ing. Paul Kloninger



ibb

Konstruktionsdienstleistungs GmbH

Konstruktionsdienstleistungs GmbH



Inhaltsübersicht

1. Kurzvorstellung der ibb Konstruktionsdienstleistungs GmbH
2. Tipps und Tricks
 - a) Vom Konstruktionsmodell zum FEM-Modell mit wichtigen Einstellungen für Creo Simulate
 - b) Schraubenberechnung in Creo Simulate
 - c) „Richtige“ Lagerung von Getriebewellen
 - d) Wann ist ***Fatigue Advisor*** praktikabel?
3. LIVE Präsentation
4. Zusammenfassung



1. ibb Konstruktionsdienstleistungs GmbH

Als eines der führenden Unternehmen im Bereich der Konstruktionsdienstleistungen unterstützen wir unsere Kunden in allen Konstruktionsfragen – branchenübergreifend, mit hoher Fachkompetenz und auf höchstem Qualitätsniveau.

Wir haben uns auf die CAD-Systeme **Creo Parametric**, **CATIA** und **NX** spezialisiert. Durch die konsequente Anwendung dieser Programme, die langjährige Erfahrung in unterschiedlichsten Branchen und Projekten und die regelmäßige, intensive Aus- und Weiterbildung unserer Mitarbeiter garantieren wir unseren Kunden eine professionelle Projektbetreuung und maßgeschneiderte technische Lösungen.



ibb Konstruktionsdienstleistungs GmbH

Zentrale des Unternehmens
Landwehr 18
36100 Petersberg

Telefon: +49(0)661-9663-0

<http://www.ibb-konstruktion.de>



Weitere Standorte:

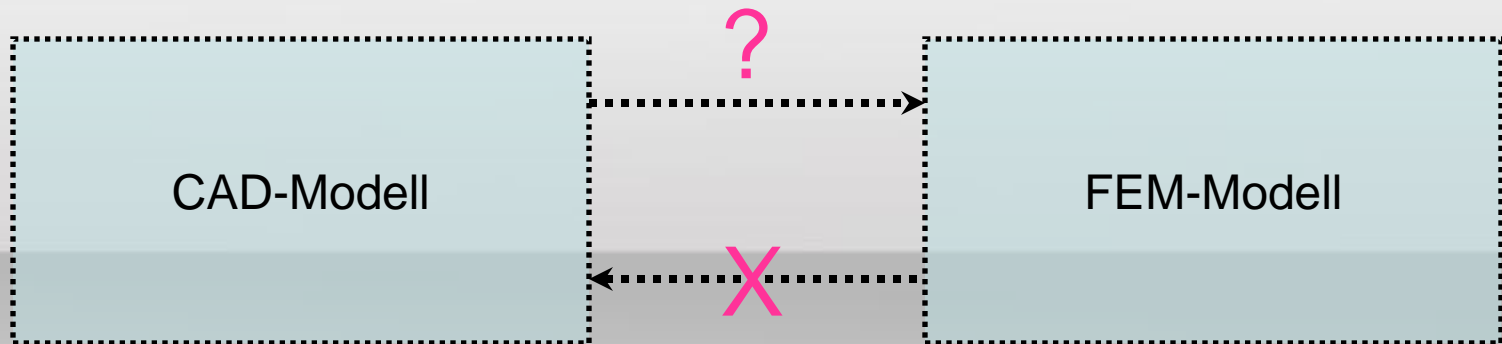
Düsseldorf, Ulm, Hamburg, Jena, Gotha

Aktuell über 300 Mitarbeiter

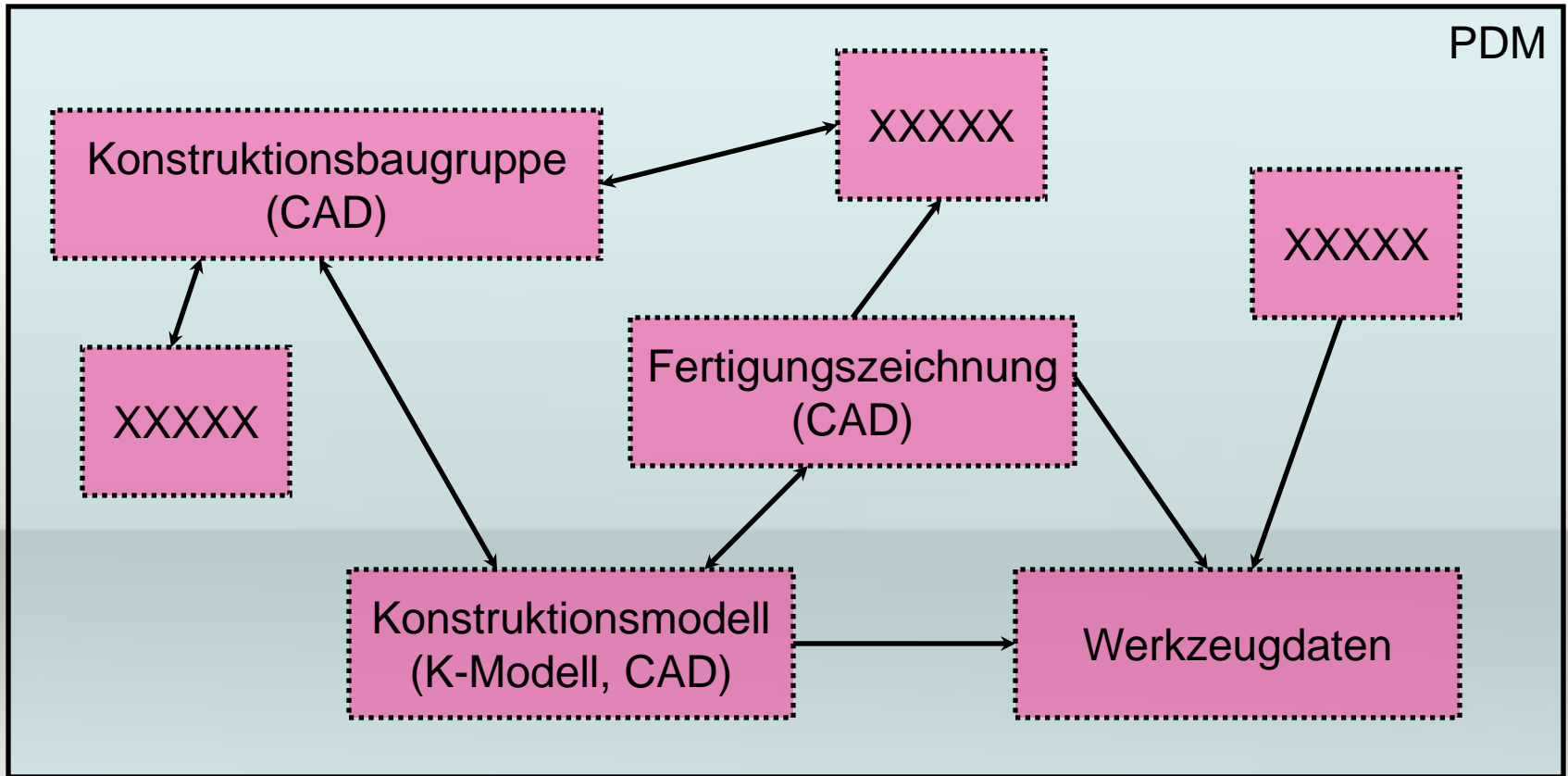


2. Tipps und Tricks

- a) Vom Konstruktionsmodell zum FEM-Modell mit wichtigen Einstellungen für Creo Simulate

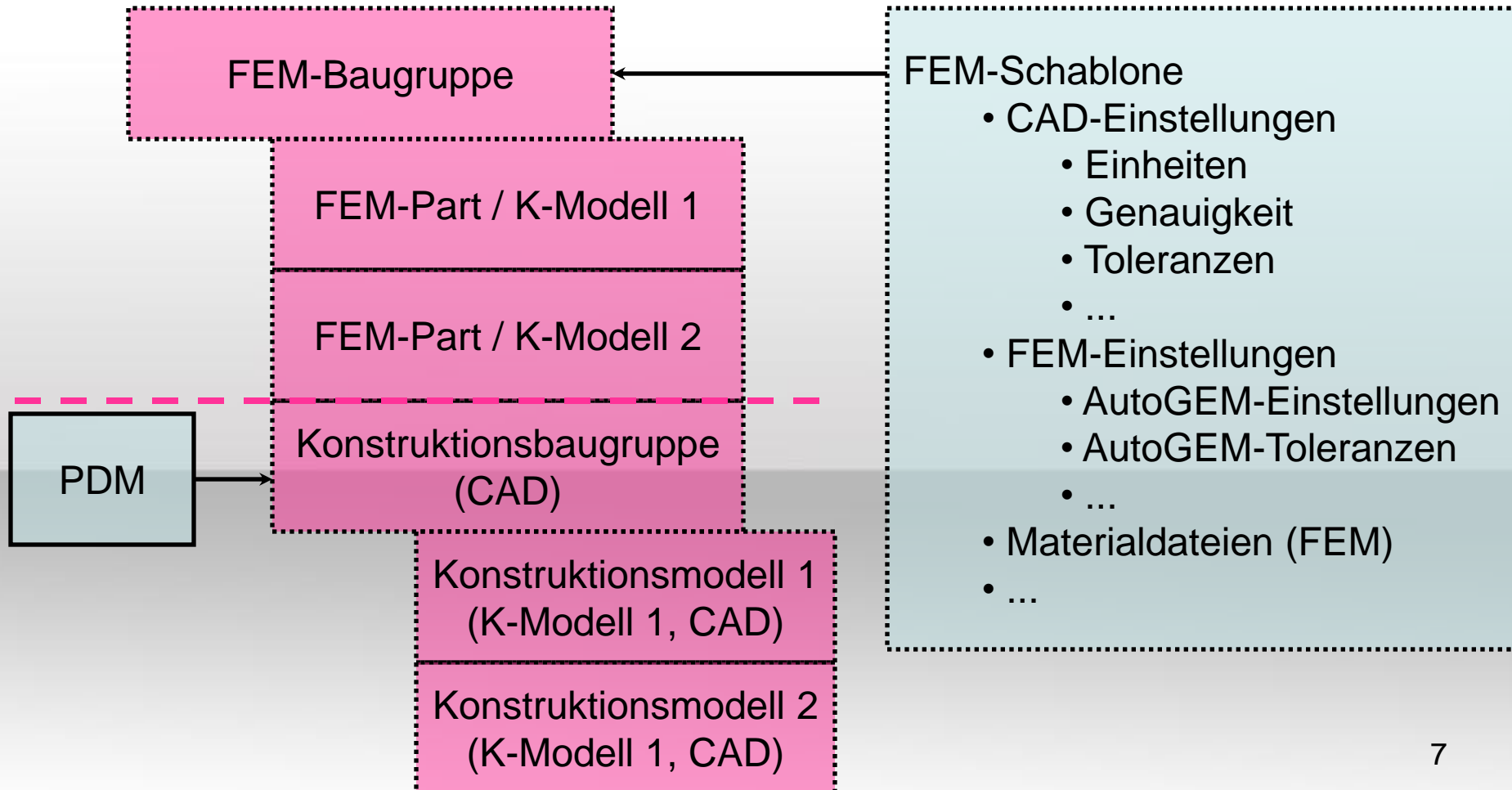


Konstruktionsmodell in einem PDM-System





Vom Konstruktionsmodell zum Berechnungsmodell





2. Tipps und Tricks

b) Schraubenberechnung in Creo Simulate

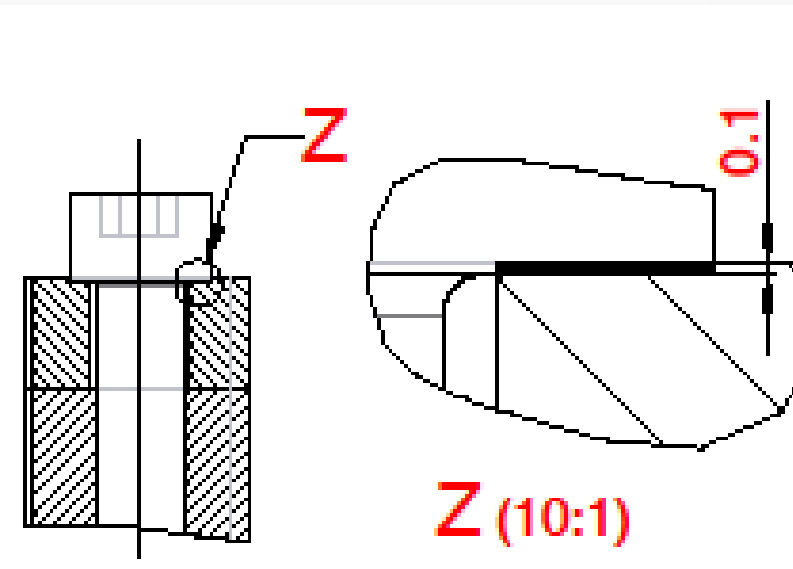
Rückblick Pro/MECHANICA (vor Creo Simulate):

- I. Durchdringung-Methode (Modellierung einfach, Analyse rechenintensiv)
- II. Temperatur-Trick-Methode (Modellierung komplex, Analyse schneller)
- III. Schrauben-KE (die schnellste, jedoch unsichere Methode)

Methode =>	Durchdringung	Temperatur	Schrauben-KE
Schraube	Nenndurchmesser 8	Nenndurchmesser 8	Nenndurchmesser 8
Betriebskraft	10kN	10kN	10kN
Vorspannung	20kN	20kN	20kN
Tetraeder	3103	3576	1713
Kontakte	2	2	1
Konvergenz	AEK (P=6)	AEK (P=6)	AEK (P=8)
Rechenzeit	529 Sekunden	251 Sekunde	229 Sekunden
Kraft gesamt	23496N	23158N	22159N
Prozent (*)	100%	98,56%	94,31%
Kraft / Fuge	13496N	13158N	12159N

* Kontrollrechnungen mit MFK liefern 100% => 99,87% => 94,71%

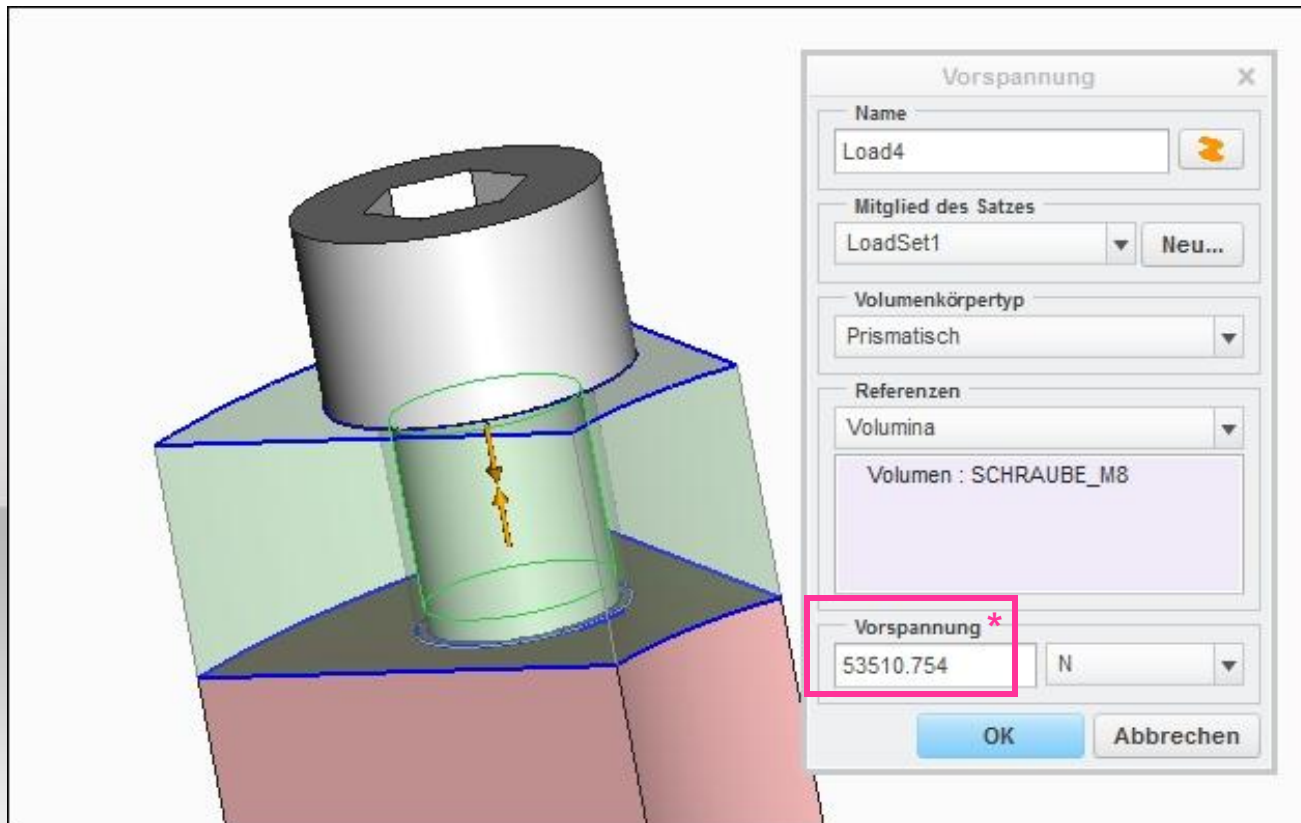
Einfachste Methode bisher: Durchdringung-Methode



- FEM-Schraube mit Durchdringung einbauen (z.B. 0,1 mm)
- Kontaktdefinition unter dem Schraubenkopf und in der Trennfuge
- Messgrößen für die Kontaktkraft für die beiden Kontakte
- Analyse mit einer virtuellen Last (z.B. irgendwo 1 μN) durchführen
- Die gemessene Kontaktkraft auswerten, dann mit dem **Dreisatz** die gewünschte Durchdringung berechnen und einstellen
- Den Lastfall definieren und die Analyse durchführen
- Die gemessene Kontaktkraft unter dem Kopf ist die Gesamtkraft der Schraube



Creo Simulate bietet nun eine 3. volumenbasierende Methode: Last-Vorspannung



* Hier ebenfalls mit dem Dreisatz arbeiten!



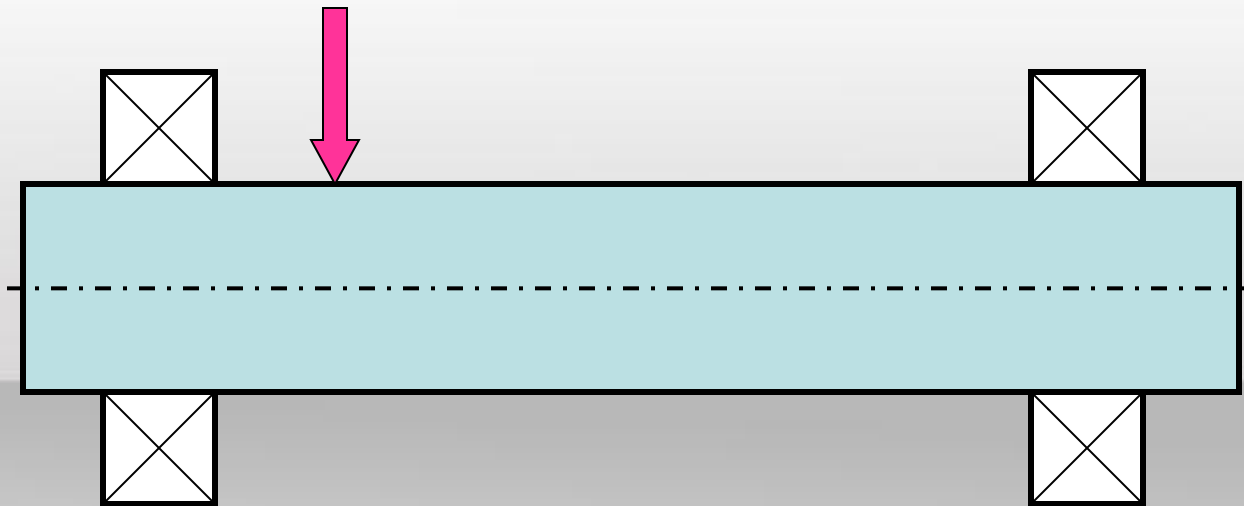
Vergleich der volumenbasierenden Methoden in Creo

Methode	Durchdringung	Temperatur	Last-Vorspannung
Schraube	Nenndurchmesser 8	Nenndurchmesser 8	Nenndurchmesser 8
Betriebskraft	10kN	10kN	10kN
Vorspannung	20kN	20kN	20kN
Tetraeder	3103	3576	3547
Kontakte	2	2	2
Konvergenz	AEK (P=6)	AEK (P=6)	AEK (P=7)
Rechenzeit	486 Sekunden	244 Sekunden	276 Sekunden
Kraft gesamt	23542N	23417N	23379N
Kraft / Fuge	13542N	13417N	13379N



2. Tipps und Tricks

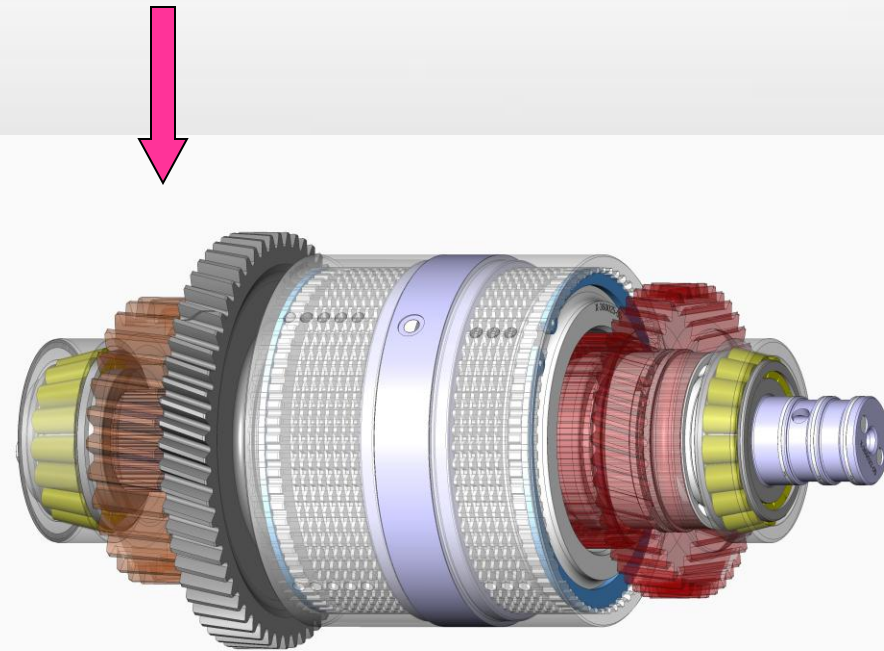
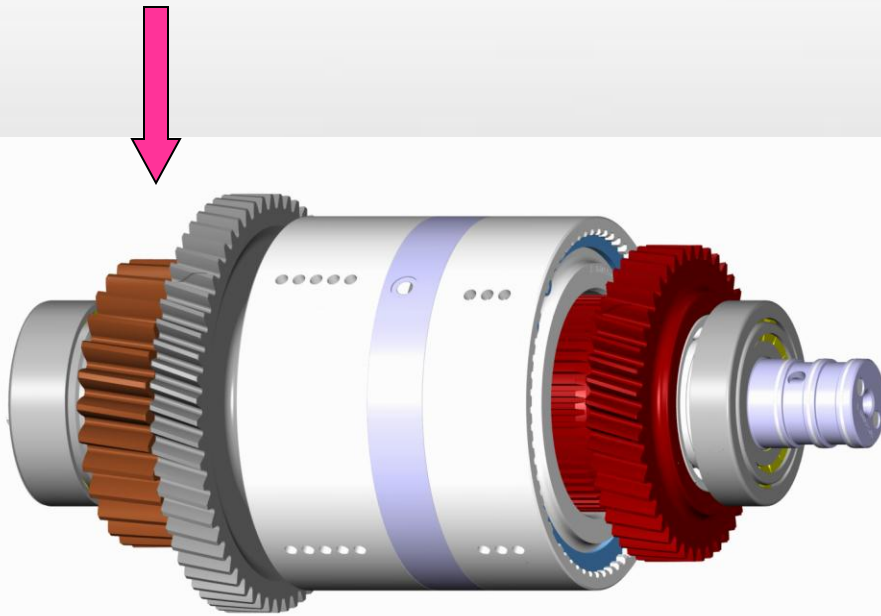
c) „Richtige“ Lagerung von Getriebewellen





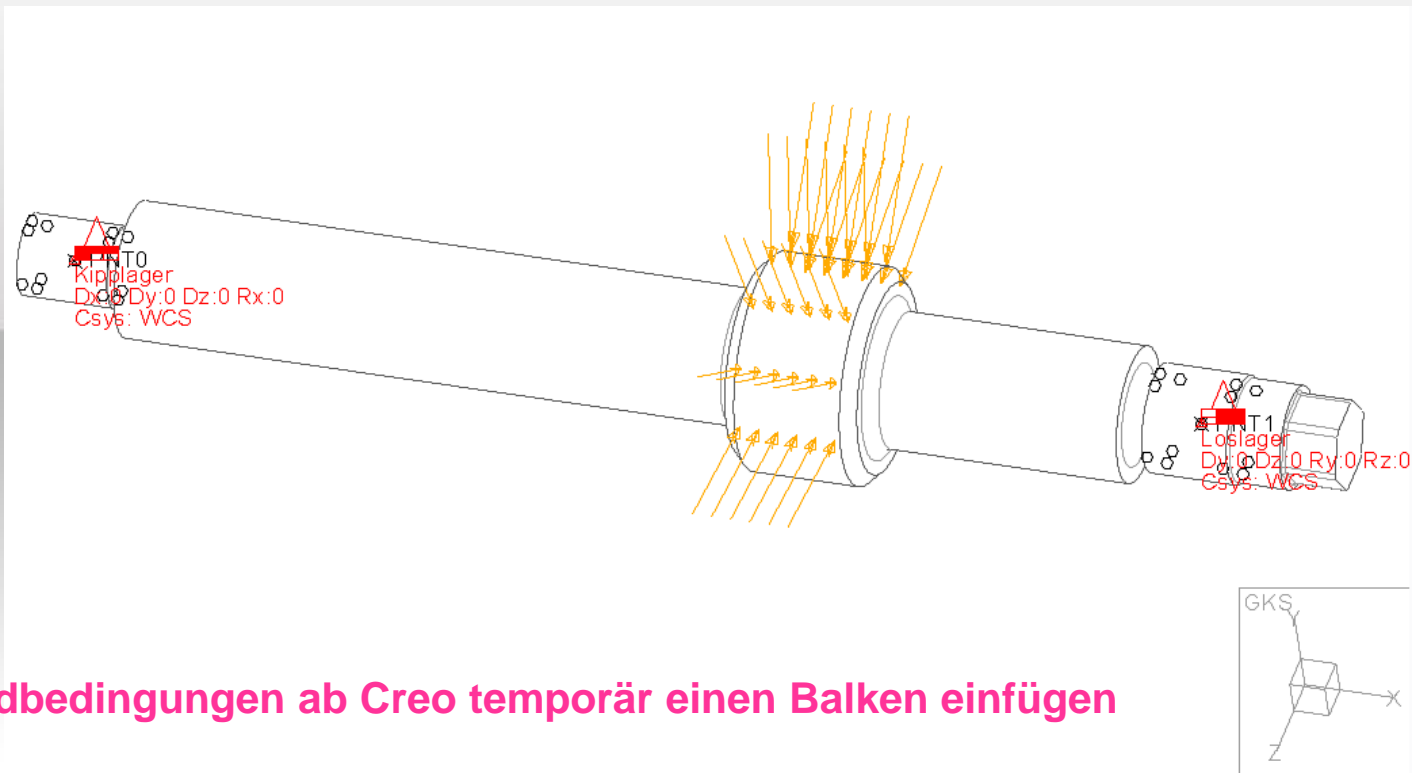
Wie berechnet man die Durchbiegung einer Getriebewelle?

- Vortrag: „Top - Down Design eines universellen Kegelrollenlagermodells in Pro/MECHANICA“ aus SAXSIM 2011



„Analytische“ Lagerung mit rotatorischen Freiheitsgraden

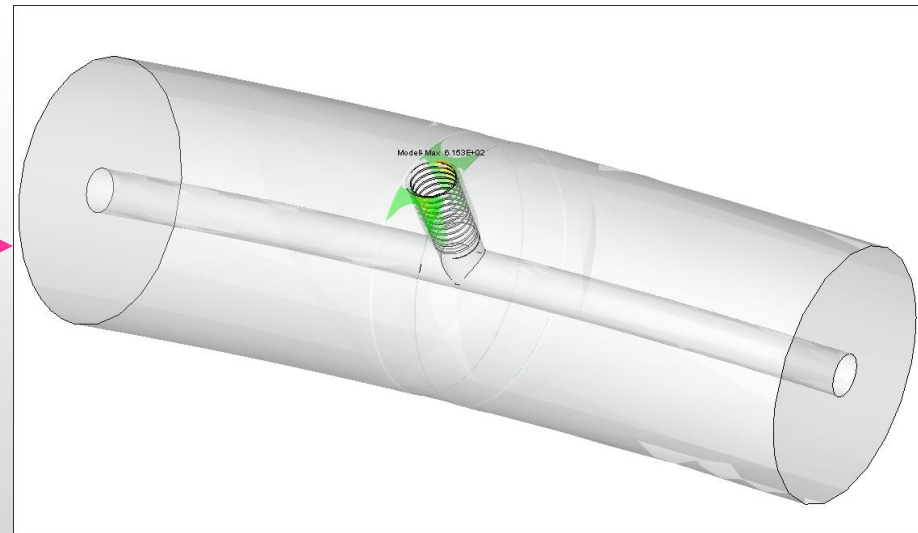
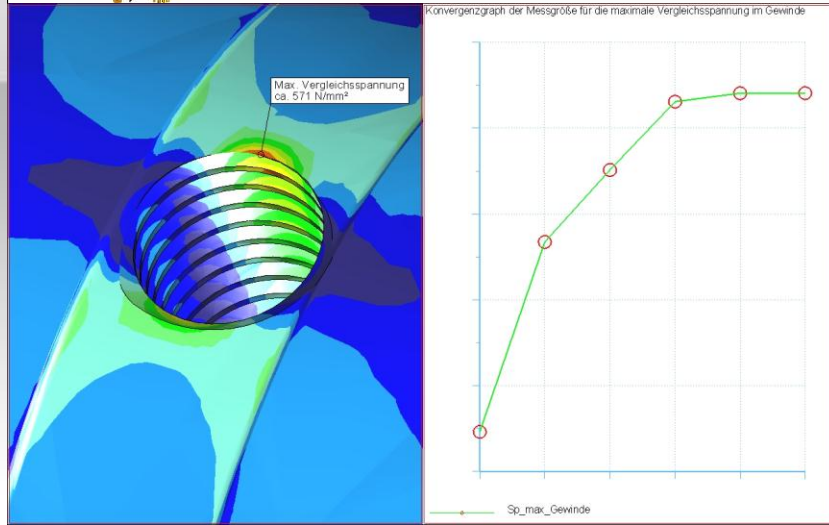
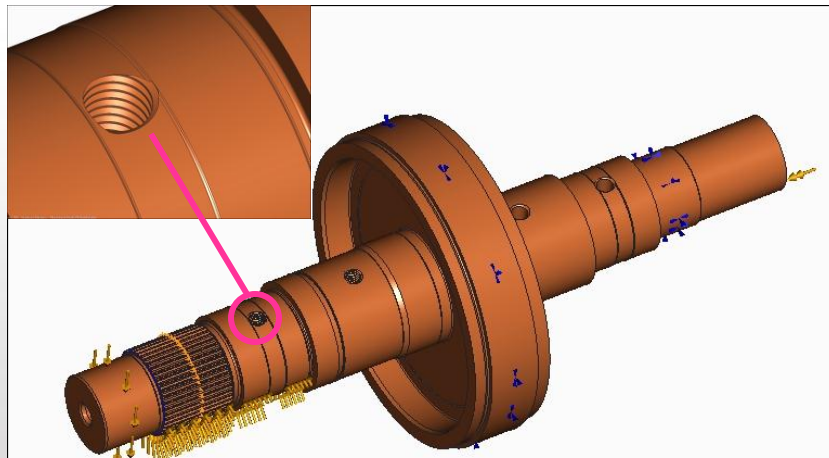
Volumenelemente besitzen keine rotatorischen Freiheitsgrade*, aber die Verknüpfung mit einfachen starren Verbindungen liefert diese und auch die Vergleichbarkeit mit analytischen Ergebnissen, z.B. Eigenfrequenzen



* für Randbedingungen ab Creo temporär einen Balken einfügen

Vereinfachte Referenzmodelle / kritische Stellen

wenn z.B. die erforderlichen Formzahlen für DIN 743 fehlen



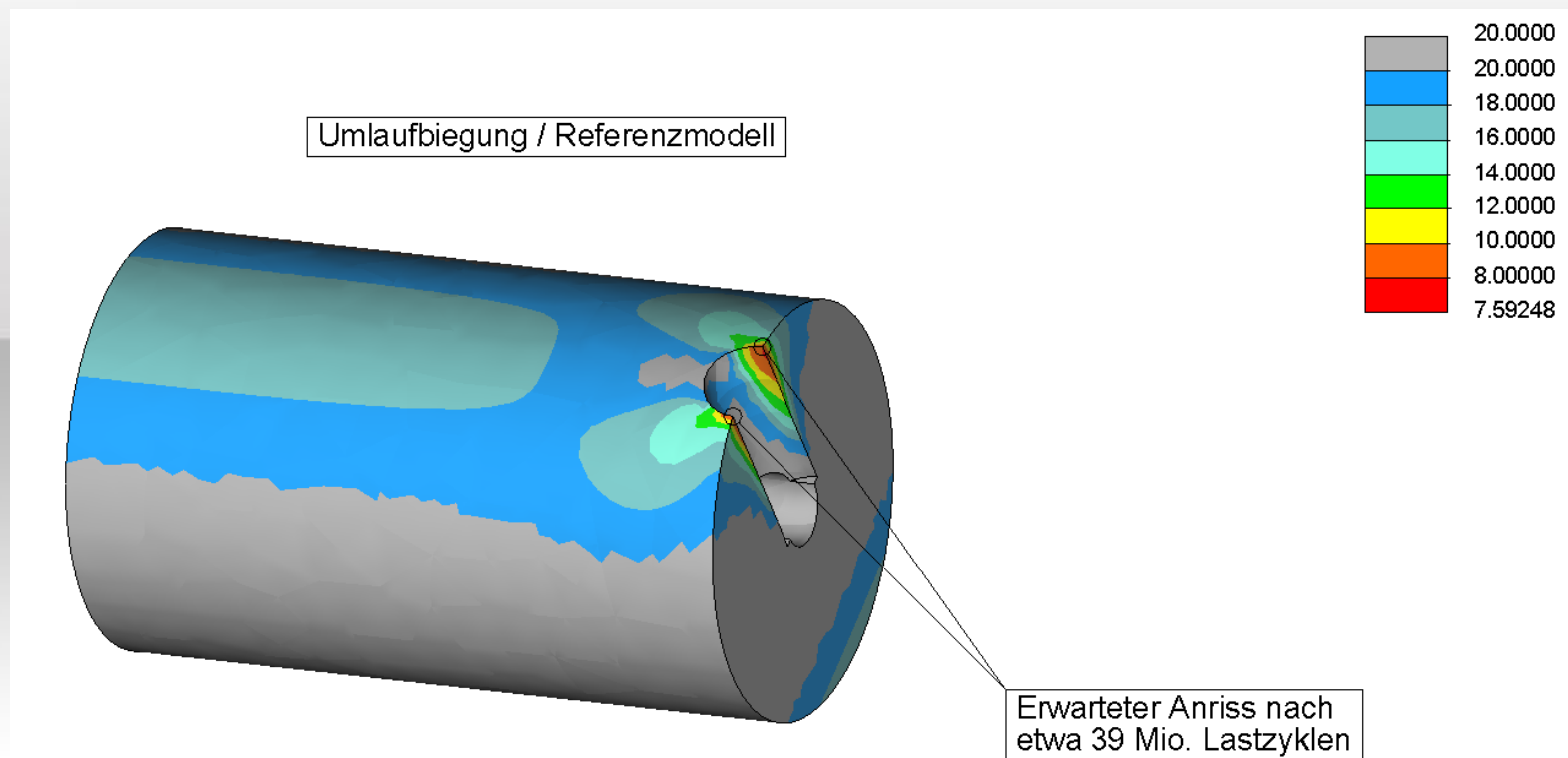
Die am Referenzmodell berechneten Spannungen sollten 0 ÷ 10 % höher liegen als die entsprechenden am Gesamtmodell.



2. Tipps und Tricks

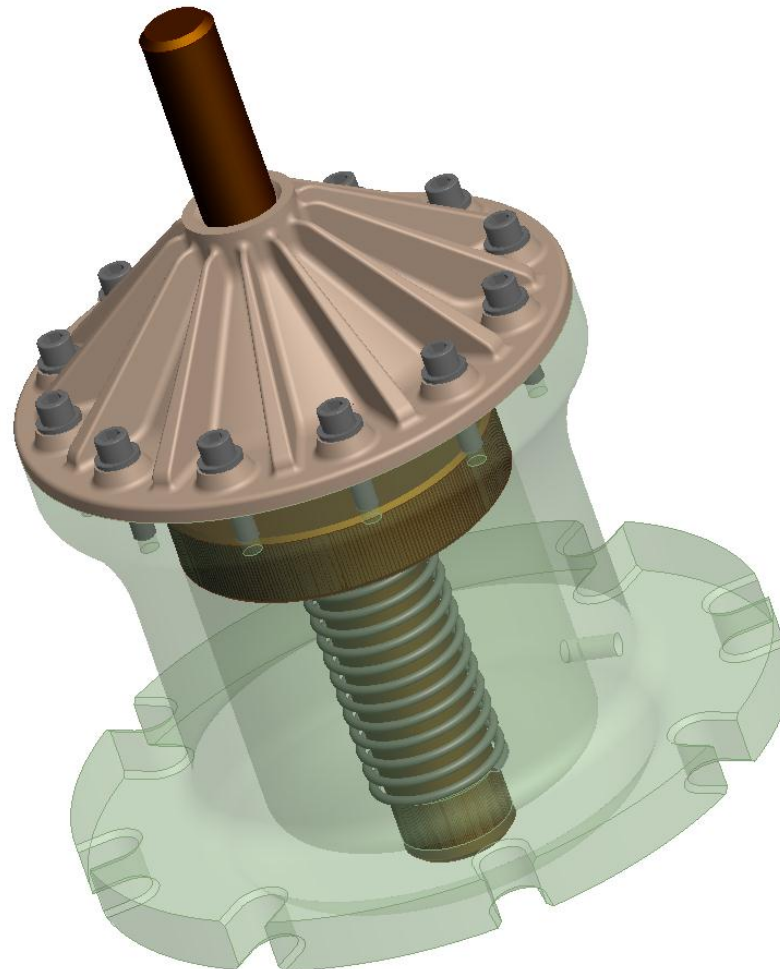
d) Wann ist *Fatigue Advisor* praktikabel?

- Vortrag von Mirko Krimmel (ibb)





4. LIVE Präsentation





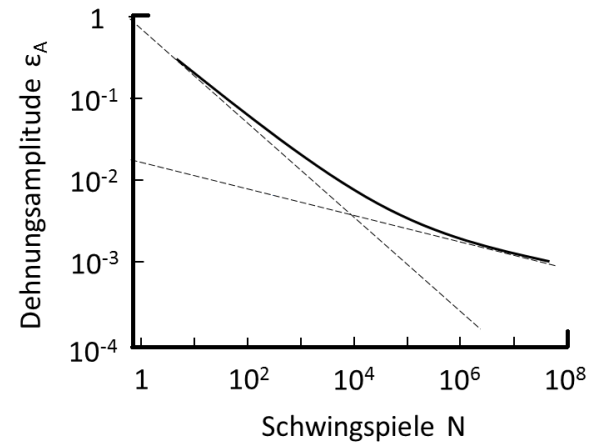
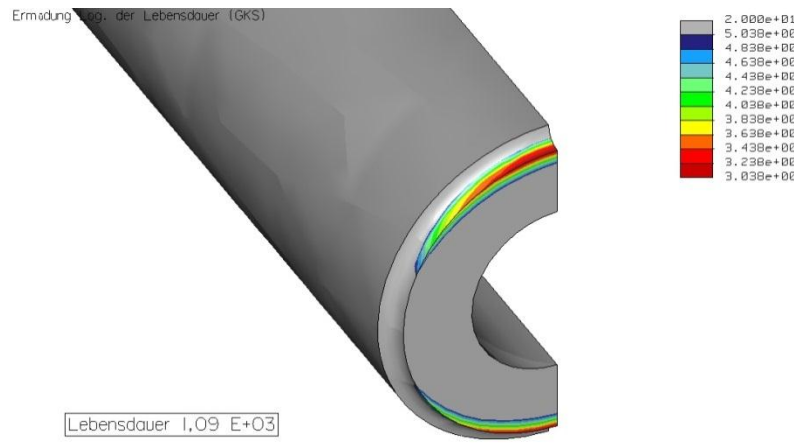
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

ibb Konstruktionsdienstleistungs GmbH
CAD-Schulung / FE-Analysen
Dipl.-Ing. Paul Kloninger
P.Kloninger@ibb-konstruktion.de
0661-9663-26

Fatigue Advisor

Mirko Krimmel

**Praktische Anwendung von Dauerfestigkeitsanalysen mittels der Option
Fatigue Advisor von Creo Simulate 2.0**



Gliederung

1. Einleitung
2. Materialermüdung
3. Fatigue Advisor
4. Referenzbeispiele – FE – Modell
5. Referenzbeispiele – Ermüdungsanalyse
6. Einflussfaktoren auf die Lebensdauer
7. Nutzung experimenteller Materialparameter
8. Zusammenfassung & Ausblick

1. Einleitung



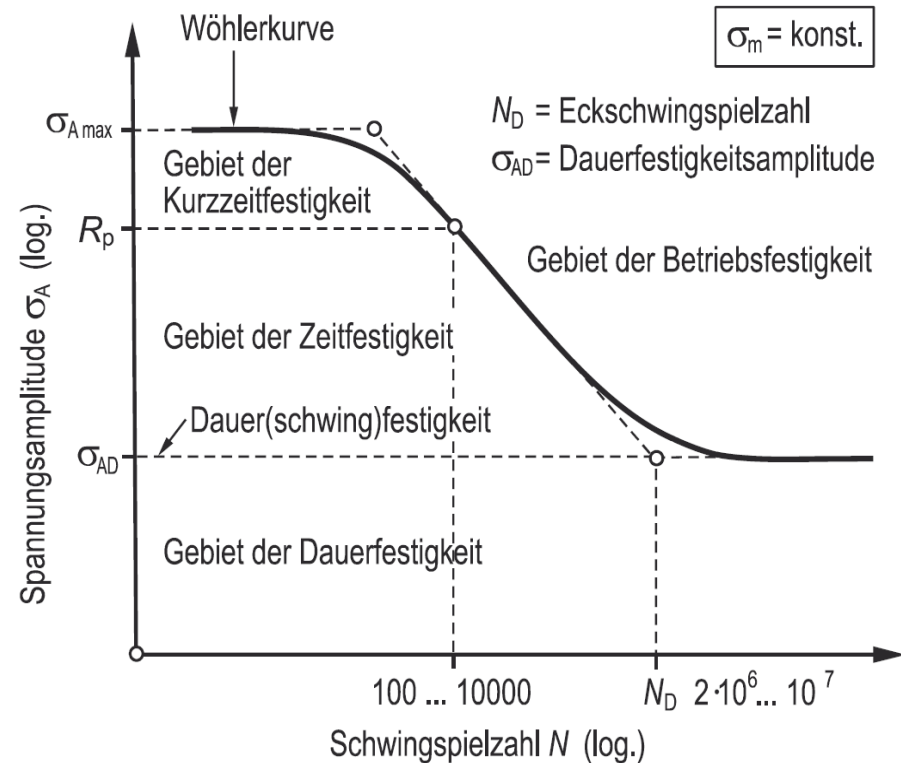
Entgleisung der „Amstetten“ in 1875
Ursache: Radreifenbruch infolge von
Ermüdung (Unwissenheit)



ICE-Unfall von Eschede in 1998
Ursache: Falsch ausgelegte Radreifen
und fehlende Durchführung von
experimentellen Ermüdungsversuchen

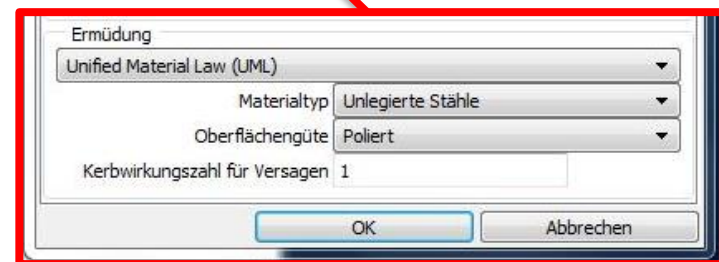
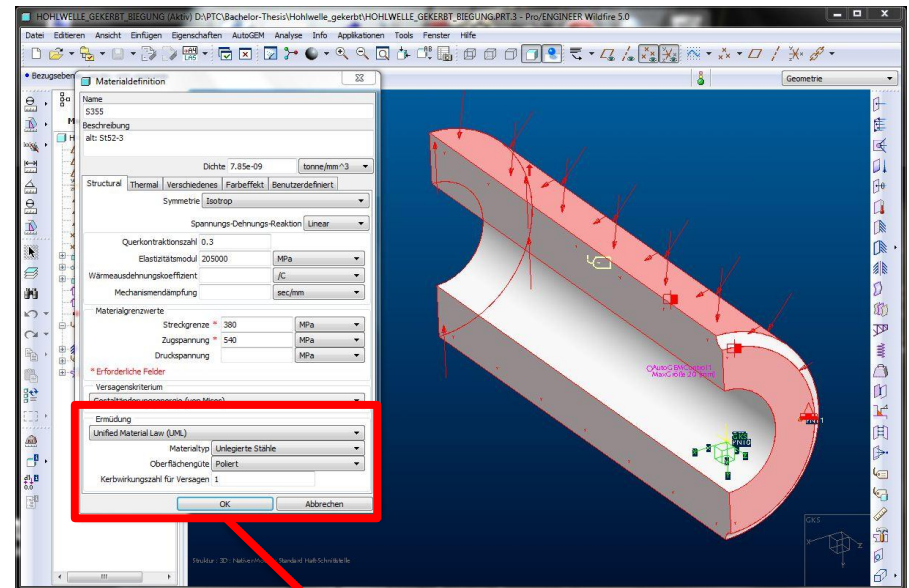
2. Materialermüdung

- entsteht unter einer konstanten oder variablen Lastamplitude über einen bestimmten Zeitraum
- ertragbare Spannungen liegen oft deutlich unterhalb der statischen Festigkeit
- das Maß für die Beanspruchbarkeit eines Bauteils ist die Schwingfestigkeit



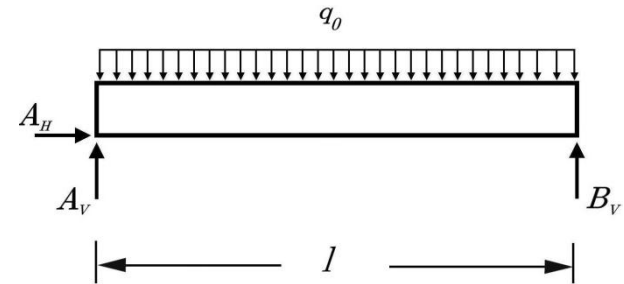
3. Fatigue Advisor

- Option für das Finite Elemente Programm Creo Simulate 2.0 von PTC
- erlaubt die Untersuchung der Bauteile auf Ermüdung
- Bestimmung der Lebensdauer bis zum technischen Anriss, Sicherheitsfaktor, Ort des Anrisses

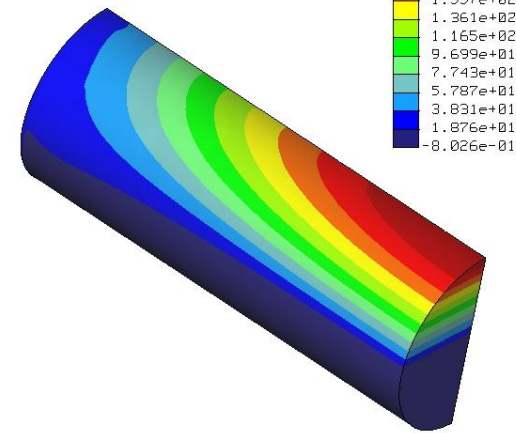


4. Referenzbeispiele – FE – Modell

- Viertelzylinder $l/2$ mit Symmetriebedingungen für kürzere Berechnungszeiten
- Baustahl S 355, polierte Oberfläche, $M_{b,max} = 4500 \text{ Nm}$ in der Mitte des Zylinders
- Hauptspannungen unter statischer Last:
 $\sigma_{max} = +214,3 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{min} = -212,5 \text{ N/mm}^2$
- analytische Berechnung der Spannung liefert: $212,2 \text{ N/mm}^2$



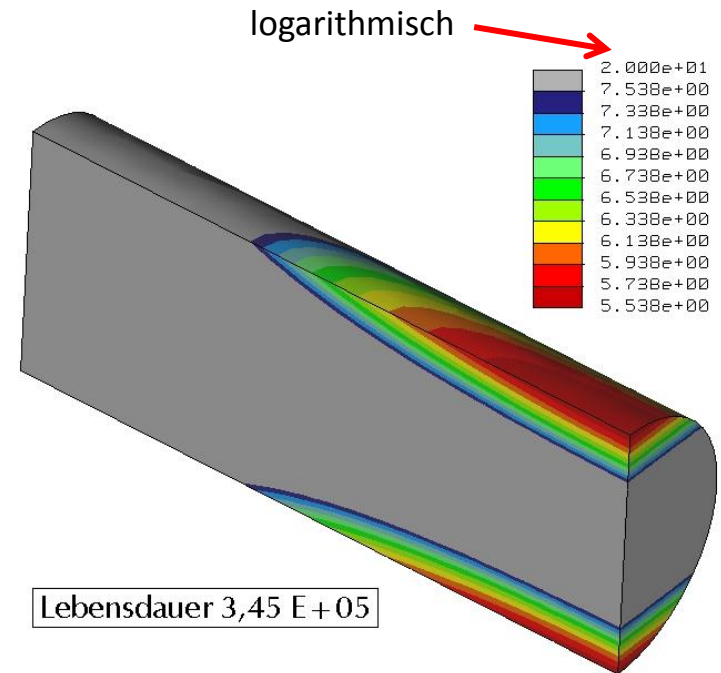
Max Hauptspannung (GKS)
(MPa)
Lastsatz: LoadSet1 :



max. Hauptspannung: 214,3 N/mm²

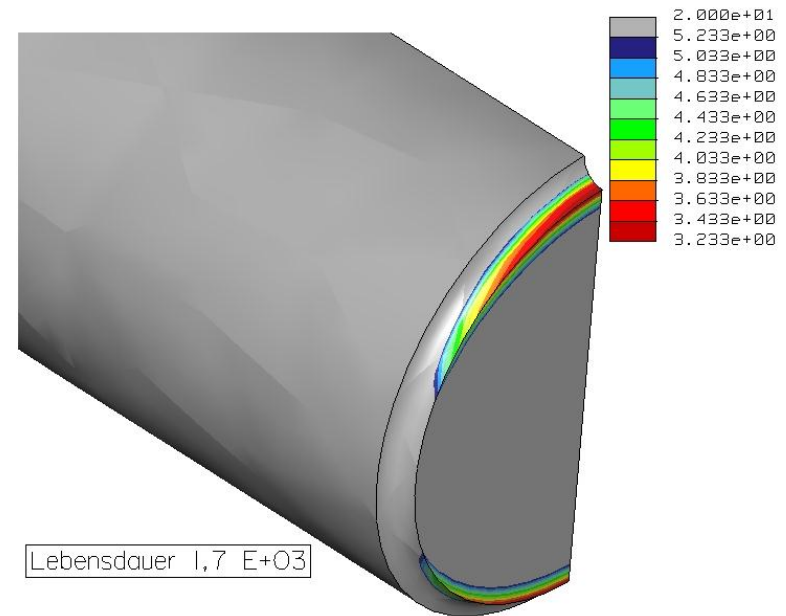
5. Referenzbeispiele - Ermüdungsanalyse

- **Glatte Welle** – Ausgangsbeispiel zur Untersuchung der Auswirkungen von Kerben und Querschnittsänderungen auf die Lebensdauer
- $\sigma_a = 214,3 \text{ N/mm}^2$, $R = -1$
- Lebensdauerberechnung nach dem Uniform Material Law (UML)
- obwohl Spannungsamplitude kleiner als Streckgrenze - keine Dauerfestigkeit
 $N_A = 345.000$ statt 2.000.000 Schwingspiele
- Ergebnis ist immer nur eine Abschätzung für eine bestimmte Überlebenswahrscheinlichkeit $P_{\bar{U}}$



5. Referenzbeispiele - Ermüdungsanalyse

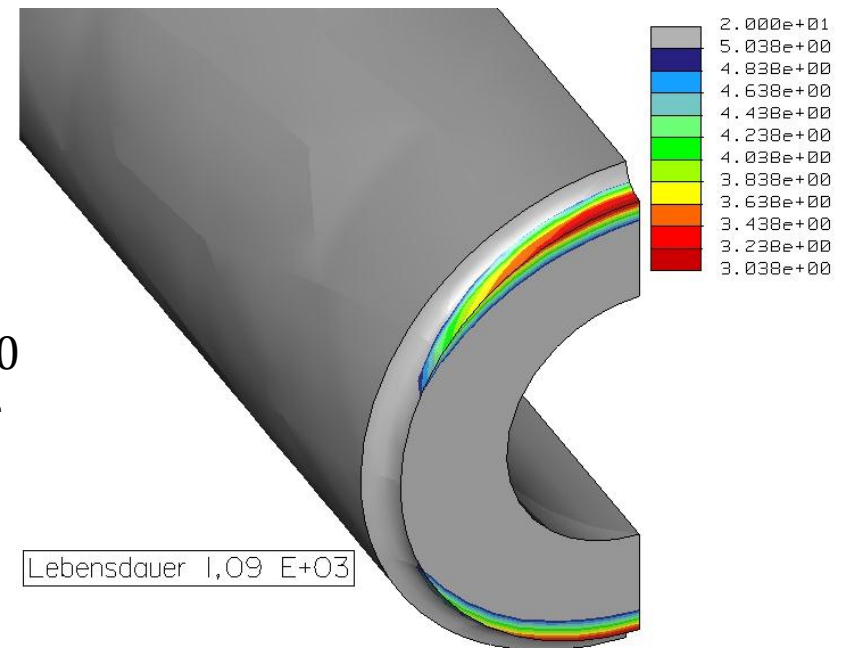
- **Gekerbte Welle** – Welle mit zusätzlicher Umlaufkerbe ($R = 3$), alle anderen Abmaße bleiben identisch
- Spannungen erhöhen sich um das Dreifache auf $\sigma_a = 652,2 \text{ N/mm}^2$
- Kerbformzahl $K_t = 2,2$
- Lebensdauer verringert sich entsprechend auf $N_A = 1700$ Schwingspiele (Faktor 200 im Vergleich zur glatten Welle)



analytische Berechnung der
Kerbformzahl nach der
FKM-Richtlinie liefert: **2,31**

5. Referenzbeispiele - Ermüdungsanalyse

- **Gekerbte Hohlwelle** – zusätzliche Verringerung des Querschnittes
- Spannungen erhöhen sich um das Viereinhalbfache auf $\sigma_a = 950,2 \text{ N/mm}^2$
- Lebensdauer verringert sich auf $N_A = 1090$ Schwingspiele (Faktor 300 im Vergleich zur glatten Welle)

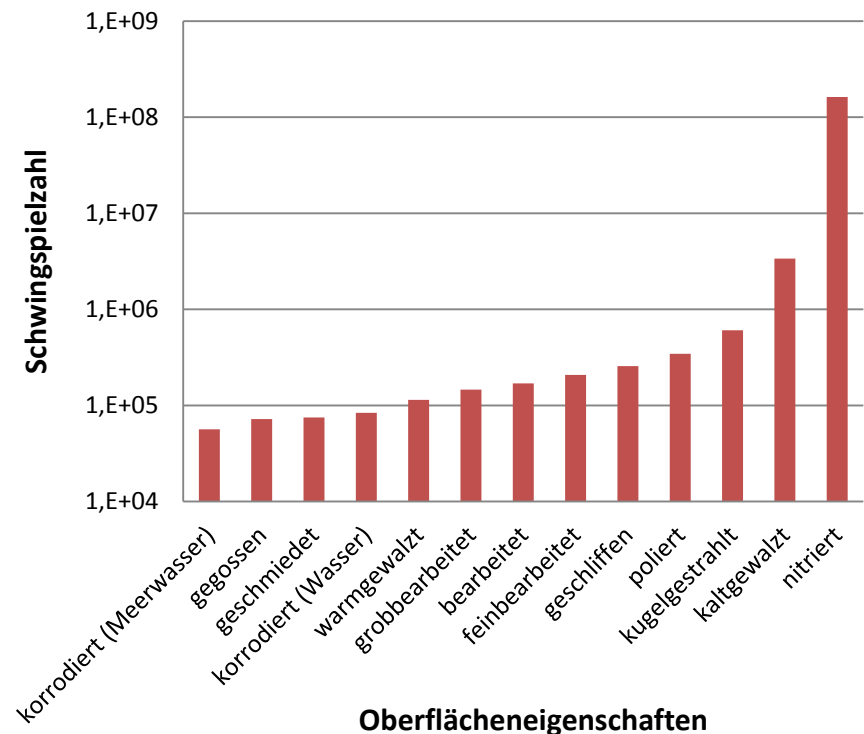


Der Einfluss der Kerben und Querschnittsänderungen auf die Lebensdauer wird in den Simulationen bestätigt.

6. Einflussfaktoren auf die Lebensdauer

- **Geometrie, Oberfläche, Werkstoff,** Mittelspannung, Überlebenswahrscheinlichkeit, Kerbwirkungszahl für Versagen, Belastungsarten, Biaxial-Korrektur
- **Oberflächeneinfluss** – Untersuchung der Schwingspielzahl in Abhängigkeit der Oberflächeneigenschaften
- Ausgangsmodell: Viertelzylinder,

$$\sigma_a = 214,3 \frac{N}{mm^2}, R = -1$$



Die Reihenfolge der einzelnen Oberflächenqualitäten entspricht dem Einfluss der Oberflächenrauigkeit und dem der Eigenspannung.

7. Nutzung experimenteller Materialparameter

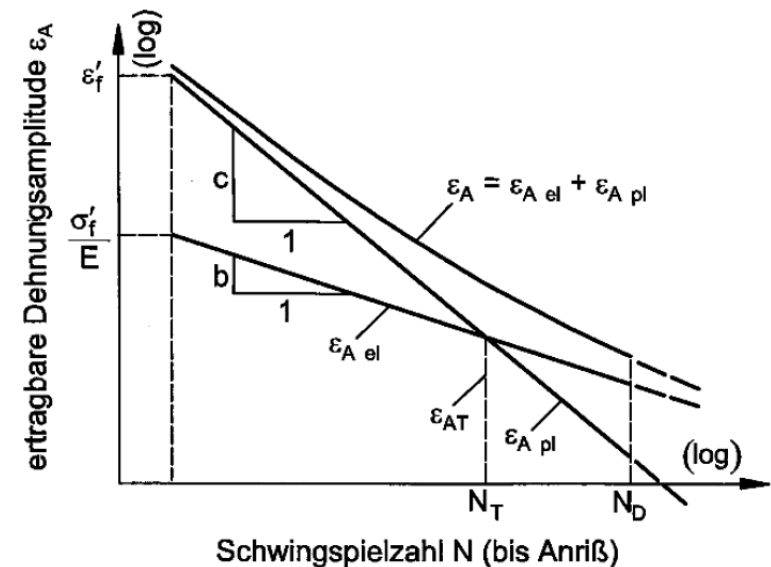
- Simulationen mit UML oder experimentellen Materialparametern
- reale Versuchsdaten können mithilfe einer Textdatei importiert werden
- Generierung einer Dehnungs-Wöhler-Linie

Ramberg - Osgood:

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p = \frac{\sigma}{E} + \left(\frac{\sigma}{K}\right)^{\frac{1}{n}}$$

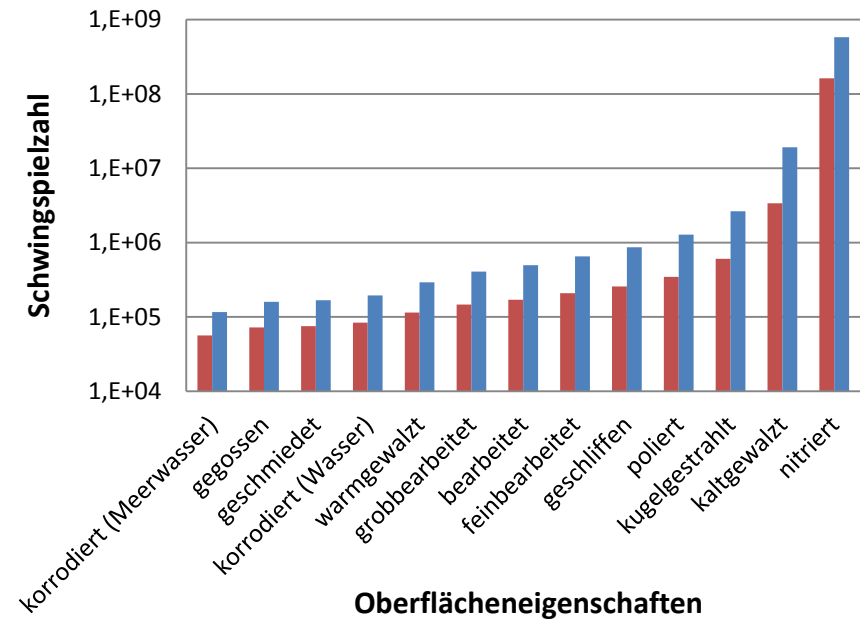
Bäumel Jr. und Seeger:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_{a,e} + \varepsilon_{a,p} = \frac{\sigma'_f}{E} * (2N)^b + \varepsilon'_f * (2N)^c$$



7. Nutzung experimenteller Materialparameter

- Vergleich der Lebensdauer zwischen UML und der experimentellen Materialparameter

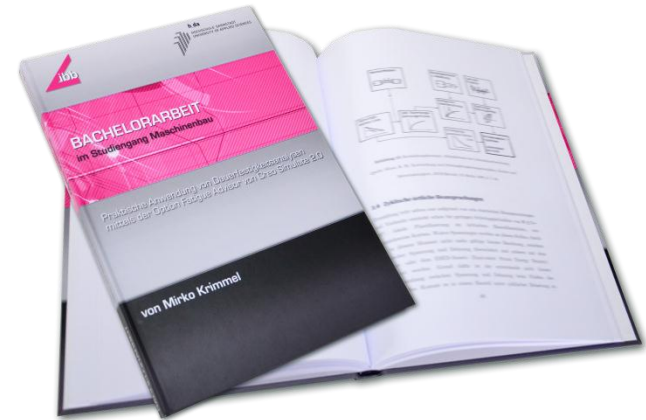


UML (**rot**); exp. Daten (**blau**)

die berechnete Lebensdauer mit
UML ist konservativer

8. Zusammenfassung & Ausblick

- Erarbeitung der theoretischen Grundlagen
- Prüfung des Leistungsumfanges
- Verifizierung der Simulationsergebnisse durch analytische Berechnungen an Referenzbeispielen
- Analyse der Auswirkungen der Einflussfaktoren auf die Lebensdauer
- Realisierung einer Lösung für den Import experimenteller Daten



Ausblick:

Berechnung von
Schweißverbindungen durch
Anpassung der Kerbwirkungszahl,
Erstellung einer Materialbibliothek,
Import von variablen Amplituden

Danke für die Aufmerksamkeit!